引用格式：陈捷, 曲静, 娄智勇, 等. 生物学特征、趋势及资助对策研究. 中国科学院院刊, 2022, 37(3): 308-316.
Chen J, Qu J, Lou Z Y, et al. Research on characteristics, development trend and funding countermeasures of biology. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2022, 37(3): 308-316. (in Chinese)

生物学特征、趋势及资助对策研究

陈 捷[1]　曲 静[2]　娄智勇[3]　朱 冰[4]　康 乐[2,5*]

1 中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190
2 中国科学院北京生命科学研究院 北京 100101
3 清华大学 医学院 北京 100084
4 中国科学院生物物理研究所 北京 100101
5 中国科学院动物研究所 北京 100101

摘要　加强生物学领域瞄准国家战略需求和科学前沿重大问题的研究，有利于发挥生物学研究对国家经济发展和国际竞争力提升中的战略支撑作用。文章梳理了生物学基本特征和发展趋势，总结了国际上生物学研究资助的实践经验，分析了我国生物学领域布局不完善、持续稳定支持不足、对顶尖人才和团队资助不足等突出问题；结合国际实践经验，提出完善生物学研究领域布局、加强生物学研究资助水平、建设生物学人才基地、加强对基础研究人才的资助、建立多元化的科研评价和考核机制等政策建议。

关键词　生物学，生命科学，特征，资助

DOI　10.16418/j.issn.1000-3045.20220215003

20 世纪下半叶以来，生物学进入迅猛发展的时代，与人类健康和社会经济发展密切相关，在科学和经济社会领域中的重要性日渐增强。*Science* 杂志创刊 125 周年之际发布了 125 个挑战全球科学界的重要基础问题，其中涉及生命科学的问题约占 54%（共 68 个）；2019—2021 年 *Science* 评选的“年度十大科学突破”中，与生物学相关的突破占 17 项。生物学研究已成为全球科技创新的竞争核心与热点领域。世界科技发达国家纷纷将生物学研究列为提高国家核心竞争力和保障国家安全的战略措施。例如，美国于 2012 年发布了纲领性文件《国家生物经济蓝图》，前瞻布局并加速投资生物学研究，以解决医疗卫生、制造业、能源、农业和环境等多方面的重大挑战；2020—2021 年发布《无尽前沿法案》《确保美国科学技术全球领先法案》和《美国国家科学基金会（NSF）未来法案》等进一步提出加大对生物科学等

*通信作者
资助项目：中国科学院学部咨询项目（2021-ZW02-W-003）
修改稿收到日期：2022年3月1日

领域的基础研究投入。英国、法国、日本等也陆续发布促进生命科学、生物技术、产业经济和生物安全在内的一系列战略规划。

我国已经意识到生物学领域基础研究的战略意义。2018 年《国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见》指出要“强化基础研究系统部署”，加强基础前沿科学研究，加强量子科学、脑科学、合成生物学、空间科学、深海科学等重大科学问题的超前部署。然而，目前我国生物学研究仍然存在稳定资助不足、人才支持不足、重大原创成果缺乏等突出问题，亟待分析和解决目前存在的问题，完善相关机制，以更好地发挥生物学对国家战略需求和经济社会发展的推动和支撑作用。

1 生物学的特征

生物学是研究生命系统各个层次的结构、功能、行为、发育、起源和进化，以及生物与周围环境关系的科学；在融合吸收了数学、物理学、化学、信息学、材料学等学科成就的基础上，生物学逐渐发展成一门精确、定量，深入到从个体、群体到分子尺度的基础科学，是人类探索自然规律和生命现象的最主要手段之一。作为研究生命现象和生命活动规律的科学，生物学研究直接推动了农业、医学、环境等方面的发展，关系人类健康、生存条件和环境质量，对社会经济发展和国家安全起着重要的保障和支撑作用。

*（1）生物学发展体现需求牵引和自由探索的共同驱动。*生物学进步的动力不仅来源于科学家与工程师的好奇心，而且来源于国家和社会需求的拉动。二战以来，在国家安全、粮食安全和生物安全的强大推动下，生物学在重大需求牵引和自由探索的双重动力下迅速发展；生物学基础研究成果也快速应用至新药创制、动植物育种、环境保护等生物和技术产业。艾滋病研究、癌症研究、疫苗研究、青蒿素的发现和杂交水稻等研究体现了国家和社会对生命健康、粮食需求等的重大需求。例如，在战胜和防治艾滋病的需求带动下，科学家在自身强烈的求知欲驱使下，开始对人类免疫缺陷病毒（HIV）的基因结构、功能、与宿主作用机制和相关药物、疫苗的研究，最终有针对性地推动了基础科学问题与关键技术的发展和创新[1]，而研究成果也直接为人类带来了福音。

*（2）生物学的理论体系和技术结构尚处于完善之中。*与数学、物理、化学等基础科学领域不同，当前生命科学处于快速发展的“百花齐放、百家争鸣”时代，目前还未形成公认的理论体系。一方面，生物学的研究深度和广度不断拓展，发展前沿变化极快，如在60多年间科学家对二甲双胍靶点、作用机制的研究不断深入。另一方面，生物学与其他学科的交叉融合、新工具和新技术的应用催生了大量新的学科分支，如生物信息学、合成生物学等。这些新的学科分支的理论体系和技术结构都尚处于发展之中，需要具有雄厚研究实力和科技底蕴的优势团队进行持续推动。

*（3）生命科学（尤其是医学）研究相较于一般的理工科研究领域研究周期更长。*生命科学和医学本质上是实验学科，受实验材料生长周期、生物体自身特点等客观因素影响，决定了其研究周期较长的客观事实，且不以人的意志为转移。例如，孟德尔的豌豆杂交试验经过 8 年时间，前后测试了 20 000 多株豌豆后，才总结提出了基因分离定律和基因自由组合定律。新药研发周期通常在 15—20 年以上，在前期药物发现阶段往往离不开基础研究的重大发现。例如，药物靶点的选择与确认便是一个不断探索和试错的过程，只有持续稳定的支持才能保证研究工作的顺利进行。

*（4）生物学的发展离不开多种学科知识的交叉融合。*物理学、化学、数学、工程学、信息科学等学科领域的发展，既为生物学研究提供新的理论基础，也提供了新的研究工具和技术方法，推动了生物学研究

范式的转移。例如：克劳修斯在热力学中提出“熵”的概念，从而为研究生命系统的能量流动和稳定性提供了新的理论视角；量子化学奠基人鲍林于1951年提出了α螺旋和β折叠是蛋白质二级结构的基本单元的理论，为生物化学的创立奠定了理论基础。冷冻电子显微镜、原子力显微镜等先进仪器的发明使人类得以观察到蛋白质的构象变化和实现对原子的操控，而X射线衍射技术的运用帮助科学家破解了DNA双螺旋结构。基于链末端终止法，放射性标记、荧光标记技术、自动化技术和纳米技术、微流体等小型化技术的引入实现了DNA测序快速化、自动化和个性化，计算机技术和网络技术的发展为海量基因数据的存储和处理提供了可能。

（5）生命伦理问题始终贯穿于生物学的发展。生命伦理问题是生物学发展不容回避和忽视的问题，不仅是个人层面的道德行为和价值观念的问题，而且事关整个社会的道德取向和价值规范。生命科学和生物技术革命的高速发展为科技和社会带来巨大冲击，人兼有的研究与作用的主体和客体地位同步强化。基因组学和基因编辑、辅助生殖、脑科学和人工智能等科技的发展一方面增强了人类认识和改造自然的能力，另一方面也深度触及伦理、法律、信仰，以及对人与人、人与自然、人与社会关系的基本建构和期待，深层影响着社会秩序。

2 生物学发展历程与趋势

近代生物学的发展呈现出既走向高度分化又走向系统综合、既面向微观认知又面向宏观探索、既涵盖前沿科学又涵盖交叉科学、既关注疾病治疗又关注健康伦理、既强调生物资源的开发又强调资源的保护与可持续利用的趋势。随着生物学研究的逐步深入和研究能力的提升，生物学的发展历程体现出一个重要特点：人类从“认识生命”，逐渐走向了“改造生命”“合成生命”乃至“设计生命”。

早期人类基于生存需要及宗教活动对自身、周围动物和植物进行观察、描述与实验，在实践中开始认识生命。18世纪前，生物学总体处于博物学阶段，科学家通过野外采集和标本整理的方式建立了生物分类阶元层次。古代中国劳动人民以尝百草的方式认识植物，古希腊时期人们开始对生命现象的专题性研究。亚里士多德是对物种分类的第一人，其对500多种动植物进行了分类[2]；《齐民要术》和《本草纲目》等书籍也记录了大量对动植物的分类。维萨里、哈维通过对人体结构和血液循环的研究，从解剖学和生理学的角度为人类认识自身奠定了基础。18世纪，瑞典植物学家林奈创造性提出“双名命名法”，以自然分类为基础的动植物分类系统的建立，这为系统认识生命打下了类群基础。进入19世纪，细胞学说和进化论的提出将人类对生命的认识提升到了理论高度，也促使了遗传学、生态学、发育生物学等分支学科快速发展。20世纪至今，DNA双螺旋结构的发现、遗传工程学、分子生物学的创立、人类基因组计划和组学时代等里程碑式成果的相继涌现，打开了人类读取生命信息的大门，这标志着人类在认识生命的过程中逐渐深入，开始向微观尺度、定量水平和动态调控方向发展。

伴随着对生命认识的不断加深，人类也开始了对生命的改造。人类先民通过驯化开启了对动植物性状的改造，其本质是物种基因发生了改变。从早期无意识和有意识的选育、杂交到通过基因工程的精准改造，转基因技术、分子标记、分子设计和基因编辑技术的应用不断丰富和提升改造动植物的方式和效率，这不仅直接丰富了人类的食物种类，获得了抗病、高产等一系列优良性状，改变了人与自然的关系，而且驯化的物种在一定程度上也驯化了人类自身——改造生命深刻影响了人类的历史文明发展进程[3]。20世纪70年代后期，对重大疾病的机理研究、细胞工程和基因工程技术的出现加速了人类改造生命进程，

DNA 重组技术实现了人类编辑基因的梦想[4]。1991 年美国向先天性免疫缺陷病（遗传性腺苷脱氨酶 *ADA* 基因）患者体内导入重组 *ADA* 基因获得成功；对异种生物进行基因编辑和定向改造并为人类提供移植器官①，标志着改造生命（基因）为人类攻克顽疾提供可能。

中心法则的提出、遗传密码的破译和蛋白质结构解析方法的进步，为人类合成生命组成物质和合成生命提供了可能。20 世纪 60 年代开始，科学家尝试核酸和蛋白质等生物大分子的人工合成，并取得一系列成果。1965 年我国科学家在世界上率先完成了结晶牛胰岛素的人工合成；1977 年坂仓等人首先合成了生长激素释放抑制因子的基因。此后，胰岛素、干扰素等的基因相继被合成并成功表达。2010 年科学家合成了约 100 万碱基对的支原体基因组，并将其转入另一种支原体细胞中后获得了具有正常生长和分裂功能人工合成细胞 JCVI-syn1.0[5]。干细胞与器官再造、胚胎发育研究方面取得了巨大进展——2021 年以色列科学家通过创建人造机器子宫，首次培养了发育正常的小鼠胚胎[6]。拥有合成生命的能力是否意味着人类开始扮演“造物主”，也引发了广泛的关注和讨论。

合成生物学、人工智能、计算生物学、生物信息学和生物工程学的发展，促使科学家开始尝试设计生命，以打破自然与非自然的界限，促使人类进入数字生命时代[7]。通过计算机设计和编写 DNA 序列，人类得以设计自然界中不存在的生物元件和系统，重新设计已有的天然生物系统，进一步对复杂生物系统进行人工模拟。2016 年科学家重新设计碱基，并合成了 53.1 万碱基对的支原体细胞 JCVI-syn3.0，该细胞可进行 DNA 复制、蛋白质和细胞膜制造[8]。此后，科学家相继合成了非天然核苷酸、非天然氨基酸[9]，创建出首条人造单染色体真核细胞[10]。可以说，设计与合成生命建立在认识生命的基础上，是人类更深层次对生命本源的探索。

当前，生物学研究仍主要聚焦在认识生命和改造生命阶段，无论从遗传信息的传递、太阳能到生物能的转化，还是生物多样性与统一性的并存、生物意识与神经认知的奥秘揭示，都充分展现了人类在认识生命的过程和改造生命元件方面的丰硕成果。未来，在理论突破和技术整合的驱动下，生物学将步入合成生命与设计生命的阶段，生物大分子人工模拟、植物生产疫苗等新成果的应用将有助于改善人类面临的健康、环境和能源等问题。由此，通过重新认识和改造生命，尝试合成和设计生命；生物学使人类与自然界、人类社会与科学研究紧密相连，最终实现提升人类能力的目标。

3 生物领域研究资助的国际实践和经验

生物科技领域已经成为国际竞争的重要焦点，国际上日益重视对生物学研究的资助，具体来看主要有 3 个方面特点。

3.1 成立生物学专门研究机构进行指向性的高强度支持

二战后，西方国家开始重视提高人民的健康水平，战胜疾病和延长国民寿命成为美国等发达国家优先考虑的问题，西方开始普遍加强对生物学和医学研究的支持。除对高校的生物学基础研究进行稳定支持以外，还建立了专门的生物学研究机构，并对其进行持续稳定的经费支持。

美国国立卫生研究院（NIH）是国际上规模最大、最具影响力的生物医学研究机构。其下设 27 个研究所/中心，分别致力于人类各种生理活动和癌症、

① University of Maryland School of Medicine Faculty Scientists and Clinicians perform historic first successful transplant of porcine heart into adult human with end-stage heart disease. (2022-01-10)[2022-01-31]. https://www.medschool.umaryland.edu/news/2022/University-of-Maryland-School-of-Medicine-Faculty-Scientists-and-Clinicians-Perform-Historic-First-Successful-Transplant-of-Porcine-Heart-into-Adult-Human-with-End-Stage-Heart-Disease.html.

糖尿病、关节炎、罕见病等疾病的研究；其中 24 个研究所/中心直接接受美国国会拨款。美国国会每年拨付给 NIH 的经费通常占美国政府科研总投入的 60% 左右，这使得 NIH 可以作为国际上最大的生物医学基金资助机构，对美国境内的各个大学和科研机构的研究项目进行资助，包括其下属研究所/中心的研究工作，以及各种海外研究项目。例如，NIH 下属的美国国家癌症研究所（NCI）自 1960 年以来接受联邦政府的稳定资助，专门从事癌症研究；同时发布公开项目，资助高校等单位开展癌症研究，以推动美国国家癌症研究计划的执行。半个世纪来，美国联邦政府对 NCI 高强度的持续资助，整合 NCI 内部、世界各地众多研究型大学、研究机构及医院的科研人员共同参与癌症研究工作。NCI 通过构建癌症研究网络不仅加强了癌症的基础研究，而且推动基础研究成果向临床应用的快速转化。持续稳定的资助也使美国在癌症基础研究、预防、诊断和治疗方面取得了一系列重要成就，其中最为突出的成就是 20 世纪 90 年代以来美国癌症的发病及死亡率呈现出持续下降的趋势（年均下降 0.7 个百分点）。

日本文部科学省通过“世界顶级研究基地计划”（WPI）建立 WPI 基地，对遴选大学及国立科研机构中的高水平团队进行长达 10 年的稳定支持。在 13 个 WPI 基地中，有 8 个与生物学相关，分别致力于实体细胞综合系统、免疫学前沿、睡眠医学科学、地球生命、转化生物分子、人类生物学前沿、神经生物学、纳米生命科学研究[②]，并在生命微观认知、宏观生态和前沿技术方面取得了众多成果。

3.2 企业、非盈利机构和慈善基金会等积极参与生物学基础研究资助

美欧国家政府通过组织面向全国或全球合作的重大科技计划对生物学研究进行资助，并且形成了多元化的投入机制。近年来，美国联邦政府针对重大疾病治疗，设立“脑科学计划”“精准医学”“抗癌登月计划”等大型国家科学计划。欧盟针对健康、粮食安全等重大议题，在“欧洲地平线”计划中对癌症、农业和生物前沿技术等进行研究资助。在大型生物学科学计划中，除联邦机构之外，企业、非盈利机构和慈善基金会等也积极参与并进行资助。以“脑科学计划”为例，除 NIH、美国国防部高级研究计划局（DARPA）、美国食品药品监督管理局（FDA）、美国国家科学基金会（NSF）等联邦部门和机构之外，以谷歌公司、葛兰素史克公司为代表的企业，以及艾伦脑科学研究所、卡夫利基金会和西蒙基金会等也纷纷投资。其中，谷歌公司与艾伦脑科学研究所合作开发相关数据共享和存储的平台；卡夫利基金会与多所大学共建神经科学研究所，同时资助了“神经学数据无边界”的数据共享项目[③]。

发达国家的企业、非盈利机构等重视对基础研究的投入，普遍秉持基础研究是技术与产业竞争力源泉的观念。美国企业对基础研究投入比例保持在 20% 左右；韩国企业对基础研究投入甚至超过政府，约为 55%。一般而言，企业主要参与对“巴斯德象限”的基础研究投入：这一方面有效弥补了政府引导中存在的不足，另一方面促进了纯基础研究向产业应用的转化。以默克制药公司为例，其 1933 年建立了第一个科研实验室；1940—1950 年该实验室科研人员 5 次获得诺贝尔奖；1975 年开始围绕药物靶点发现和疾病病理机制在分子水平进行药物研发，自此加快了药物发现速度，这对重大疾病治疗产生了重要意义。谷歌公司重视计算机科学、人工智能、生物信息学等交叉研究的投入，开发的 AlphaFold 算法在原子水平上基于氨

② World Premier International Research Center Initiative. [2022-02-02]. https://www.jsps.go.jp/english/e-toplevel/data/19_pamphlet/wpi_v17_forWEB.pdf.

③ BRAIN Initiative. Neurodata without borders pilot programs. (2013-04-25)[2022-02-10]. http://www.braininitiative.org/funding-opportunity/neurodata-without-borders-pilot-programs.

基酸序列精确地预测了蛋白质的三维（3D）结构[11]。这不仅解决了困扰人类50年之久的“蛋白质折叠问题”，而且提供了蛋白质三维结构解析全新手段，*Nature*杂志评价这一成果“可能改变一切”。

3.3 重视对生物安全领域的布局与资助

当前国际生物安全形势处于动荡和变革的重要转折期。新发突发传染病、公共卫生安全、生物资源安全、外来生物入侵、生物武器攻击、生物技术缪用、生物监测预警和生命伦理研究等受到了各国的高度关注。

英国、美国、法国、德国和俄罗斯等发达国家先后出台生物安全战略，部署和支持相关领域研究，以防止生物灾害对国家安全产生重大威胁。以美国为例，2001年炭疽邮件事件后，先后发布了《国家生物防御战略》《应对生物威胁国家战略》和《生物监测国家战略》等。在这些战略政策的推动下，2003年美国发布“生物监测计划”“生物盾计划”等推动生物实验室建设、传染性病原体或毒素、重大传染病预防、生物技术缪用、生物反恐等相关研究。美国国防部（DOD）、美国能源部（DOE）、美国卫生和公众服务部（HHS）、美国农业部（USDA）、NIH、美国陆军等多个部门和机构对生物监测、致病性病原体研究、微生物安全、新型传染病等进行支持。例如，NIH针对新冠肺炎疫情进行了“发展新型疫苗”研究资助；美国陆军传染病研究所对威胁美军和公众健康的细菌、毒素和生物武器进行持续资助；2021年，DARPA在生物领域新部署了“生理效能提升”“消除作战人员的生化防御负担”等项目，从而对战伤救治、保护士兵生命安全与传染病防控进行资助[12]。

4 我国生物领域资助现状及突出问题

进入21世纪，我国生物学研究取得了长足的进步，人才队伍不断壮大，研究水平和国际学术地位不断提升。2017年我国生物学SCI论文数位列全球第2位（59 066篇），仅次于美国（84 459篇）。在生命科学、农业、医学和生态学等领域取得了一批具有国际影响的研究成果，如：袁隆平获得了沃尔夫农业奖；屠呦呦获得诺贝尔生理学或医学奖等国际重要奖项。我国生物学领域已经涌现出许多具有重要国际影响力的科研成果和科学家。但是，我们也面临着原创性成果少、对解决国家重大问题的支撑能力不足、领域布局不完善和发展不平衡，以及顶尖人才和团队不足等问题。主要表现为3个方面。

（1）生物学领域投入不足且布局不均衡。新中国成立初期，我国主要效仿苏联建立起新中国工业化体系和高等教育模式；在财政经济紧张的情况下，主要对军事、工业等事关国家安全的领域，以及数学、物理学、化学等学科进行财政投入，对生物学相关领域投入较少。这种投入体系沿袭了较长一段时间，导致目前我国生物学尤其是生命医学领域在科学界的占比依然较小，生命医学领域部分重要领域方向缺少布局或支持力度不够。例如：我国免疫学获得的资助体量偏小，尤其是专项、重大项目布局不够；生物学底层通用技术、生物资源库、医学数据库等基础设施的投入也不足。相比之下，发达国家高度重视生命医学研究。例如，美国每年毕业的博士生中生命医学领域占到了半数以上，并且建立了NIH来统领全国的生命医学研究和资助。

（2）生物学领域基础研究缺乏长期稳定的经费支持。与发达国家相比，我国对生命科学和医学基础研究的支持强度较低，缺乏对自由探索和国家重大需求导向下的战略性基础研究的统筹，没有形成对生物学研究尤其是生命医学研究的持续稳定支持格局。一方面，我国生物学研究资助项目大多周期过短，延续性不足，且多数属于竞争性经费，存在科研人员跟着项目指南走的现象。另一方面，我国没有形成对生物学领域国家战略科技力量的稳定持续支持，不利于培养和稳定核心人才团队，财政资金支持分散，无法形

成集聚效应，难以充分发挥国家战略科技力量的作用。

（3）缺少针对高水平生物学研究团队的基础研究支持项目。科学研究是人类智慧活动的结晶，科研成果的取得离不开对人才的培养和支持。一方面，我国现有资助和评价机制不利于形成潜心致研的学术氛围——以论文和“人才帽子”为导向的科研评价与激励体系使科研人员往往追随已有研究热点，难以专心投入对重大科学问题的研究。另一方面，我国目前的人才计划在人事制度、资助方式上有较多限制，如：对青年人才的年龄多有限定；对本土人才和海归人才在经费支持、职称评定等方面待遇悬殊；对科研事业刚刚起步的科研人员激励不足等。

5 政策建议

5.1 国家层面调整优化科技资助体系

从国家顶层设计各类科学研究机构的定位，科研项目要根据基础、应用基础、应用开发研究设立不同的资助类型。建议国家对中国科学院和部委直属的研究院所、产业和行业的研究机构、大学的科技活动进行明确的定位和分工，不宜长期混乱不清，以避免有限的科技资源重复支持和重复布局，造成同质化竞争。国家应根据科技活动的类型制定严格的预算额度，如设置基础研究、应用基础研究、技术研发的经费比例。避免设立包袱式或口袋式项目，对设立的研究项目进行基础研究、应用基础研究、应用开发研究等分类，根据不同项目类型分别进行目标验收。

5.2 完善我国生物学领域资助体系

结合生物学研究特点与发展规律，参考国际资助经验，完善我国生物学领域资助体系。

（1）尽快完善生物学领域顶层设计体系，建立需求牵引和自由探索共同驱动的资助机制。当前，生物学领域新发现不断涌现，领域发展前沿变化极快，与其他学科领域交叉融合频繁，充分体现了生物学研究“多点发现、多点突破”的特点。因此，建议在布局生物学研究时对重点领域做概略性布局而非点对点布局，充分纳入生物学战略科学家顾问团队，结合我国重大战略需求、社会经济发展迫切问题，以及生物学发展的前沿方向和关键科学问题，凝练研究需求，确定优先支持领域，建立“自上而下”重大需求牵引与“自下而上”自由探索相结合的选题机制。

（2）完善生物学领域资助布局，加大我国在生命医学领域的投入比例。建议将免疫与健康、人工智能与生物计算、共性底层技术、生物多样性等目前没有在重点研发计划中的基础研究专项、科技创新2030—重大项目的基础研究专项等资助内的重要方向，作为生物学领域独立研究方向加以布局支持；对微生物暗物质、核酸生物学等已有支持但经费有限的重要方向，未来给予更大力度的持续稳定支持；增加对生物数据大科学研究平台等基础设施的资助。在党中央做出“面向人民生命健康”这一重要新判断、新思路的时代背景下，在与国际先进国家的对比下，建议加大我国在生命医学领域的投入比例。

（3）建立针对生物学高水平研究团队的择优稳定支持体系。生物学研究工作周期相较于其他理工科研究领域往往周期更长。例如，新药研发通常都要历经15—20年以上的周期，因此需要稳定支持的机制才能保证其发展。同时，由于生命科学和医学领域当前处于“百家争鸣”的快速发展阶段，对高水平人才团队的依赖性很高。从全球来看，优秀研究团队和研究群体往往能够连续、或在多个不同交叉领域产出重大突破。因此，建议我国重视发挥好生物学领域国家战略科技力量的作用，通过指向性竞争的方式选择高水平生物学科研团队给予滚动资助，使其聚焦关乎我国中长期发展面临的战略性问题和关键科学问题并持续攻关，形成具有国际影响力的生物学研究高地。同时，引导企业、新型研究机构等社会资本投入生物学研究。

参考文献

1 陈竺. 生命科学的发展趋势及我院的战略思考. 中国科学院院刊, 2003, 18(3): 170-175.

Chen Z. Trends in life sciences and strategies for life science development in the CAS. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2003, 18(3): 170-175. (in Chinese)

2 孙锡芳, 廉永善. 简论生命科学发展的三个阶段. 自然辩证法通讯, 2010, 32(3): 41-44.

Sun X F, Lian Y S. Discuss on three phases of life science development history. Journal of Dialectics of Nature, 2010, 32(3): 41-44. (in Chinese)

3 艾丽丝·罗伯茨. 驯化：十个物种造就了今天的世界. 李文涛, 译. 兰州: 读者出版社, 2019: 5-13.

Roberts A. Tamed: Ten Species that Changed Our World. Translated by Li W T. Lanzhou: Duzhe Publishing House, 2019: 5-13. (in Chinese)

4 赵国屏. 合成生物学：开启生命科学“会聚”研究新时代. 中国科学院院刊, 2018, 33(11): 1135-1149.

Zhao G P. Synthetic biology: Unsealing the convergence era of life science research. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(11): 1135-1149. (in Chinese)

5 Gibson D G, Glass J I, Lartigue C, et al. Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. Science, 2010, 329: 52-56.

6 Aguilera-Castrejon A, Oldak B, Shani T, et al. Ex utero mouse embryogenesis from pre gastrulation to late organogenesis. Nature, 2021, 593: 119-124.

7 克雷格·文特尔. 生命的未来. 贾拥民, 译. 杭州: 浙江人民出版社, 2016: 213-220.

Venter J C. Life at the Speed of Light. Translated by Jia Y M. Hangzhou: Zhejiang People’s Publishing House, 2016: 213-220. (in Chinese)

8 Hutchison C A 3rd, Chuang R Y, Noskov V N, et al. Design and synthesis of a minimal bacterial genome. Science, 2016, 351: aad6253.

9 Zhang Y, Ptacin J L, Fischer E C, et al. A semi-synthetic organism that stores and retrieves increased genetic information. Nature, 2017, 551: 644-647.

10 Xie Z X, Li B Z, Mitchell L A, et al. “Perfect” designer chromosome V and behavior of a ring derivative. Science, 2017, 355: eaaf4704.

11 Jumper J, Evans R, Pritzel A, et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. Nature, 2021, 596: 583-589.

12 张音, 楼铁柱, 王磊. 美国防高级研究计划局2021财年生物领域项目分析. 军事医学, 2020, 44(9): 641-645.

Zhang Y, Lou T Z, Wang L. Analysis of DARPA biological projects for 2021 fiscal year. Military Medical Sciences, 2020, 44(9): 641-645. (in Chinese)

Research on Characteristics, Development Trend and Funding Countermeasures of Biology

CHEN Jie[1] QU Jing[2] LOU Zhiyong[3] ZHU Bing[4] KANG Le[2,5*]

（1 Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2 Beijing Institutes of Life Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

3 School of Medicine, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

4 Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

5 Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China）

Abstract Strengthening the research in biology aimed at national strategic needs and major scientific frontier issues is conducive to giving full play to the strategic supporting role of biological research for national economic development and the promotion of international

*Corresponding author

competitiveness. This article combs the basic characteristics and development trend of biology, summarizes the practical experience of international biological research funding, and analyzes the outstanding problems in biological research in China, such as incomplete layout, lack of sustainable and stable support, and insufficient funding for top talents and teams. By referring to the international practical experience, it puts forward policy suggestions to improve the layout of biological research field, strengthen the level of biological research funding, build a biology talent base, strengthen the funding support for basic research talents, and establish a diversified scientific research evaluation and assessment mechanism.

Keywords biology, life science, characteristic, funding



陈 捷 中国科学院科技战略咨询研究院第三方评估研究支撑中心助理研究员。主要研究领域：科技管理与科技评价。近年来参与了中国科学院、科学技术部、国家发展和改革委员会等单位10多项重大课题。E-mail: chenjie@casisd.cn

CHEN Jie Dr. Chen received Ph.D. degree from University of Chinese Academy of Sciences of Botany in 2016. She is now a research associate fellow of Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences (CAS). Her current research interests include scientific evaluation, science and technology management. In recent years, she has participated in more than ten projects sponsored by CAS, Ministry of Science and Technology, National Development and Reform Commission, and so on. E-mail: chenjie@casisd.cn



康 乐 中国科学院院士，美国科学院外籍院士，欧洲科学院院士，发展中国家科学院院士，国际欧亚科学院院士，非洲科学院院士。中国科学院北京生命科学研究院院长，河北大学校长。曾任中国科学院生命科学与技术局局长、中国科学院动物研究所所长。长期从事生态基因组学研究，系统研究动物适应性和表型可塑性，在飞蝗群聚机制和表型可塑性研究中取得里程碑式突破。在*Nature*、*Science*、*Science Advances*、*Nature Communications*、*PNAS*等SCI期刊发表上论文260余篇。国家“973计划”和国家自然科学基金委员会创新群体项目首席科学家，Elsevier（2014—2021年）生物学/农业高被引科学家。获国家自然科学奖二等奖、何梁何利生命科学与技术进步奖、国际化学生态学会西弗斯坦-西蒙尼奖等。E-mail: lkang@ioz.ac.cn

KANG Le Academician of Chinese Academy of Sciences (CAS), Member of National Academy of Sciences of the United States of America, Member of the Academy of Europe, Fellow of the World Academy of Sciences for the advancement of science in developing countries (TWAS), Academician of International Eurasian Academy of Sciences, and Fellow of the African Academy of Sciences. Professor Kang is the Director of Beijing Institutes of Life Science, CAS, and President of Hebei University. Dr. Kang served as Director-General of Bureau of Life Science and Biotechnology, CAS, and Director-General of Institute of Zoology, CAS. He devoted his efforts for the past 35 years to answering the key questions in adaptation and phenotypic plasticity of insects at molecular and genomic levels. He is best known for his work uncovering the molecular mechanism of locust aggregation and phenotypic plasticity regulated by genetics and epigenetics. Dr. Kang has published 260 research articles and review articles in international peer-reviewed journals, such as *Nature*, *Science*, *Science Advances*, *Nature Communications*, *PNAS*, etc. He is ranked by Scopus (Elsevier) as one of the most cited biologists in China during 2014–2021. In recognition of his outstanding achievements, Dr. Kang was awarded the Second Prize of China National Science Award, Life Science & Biotechnology Prize of Ho Leung Ho Lee Foundation (HK), and ISCE Silverstein-Simeone Award. E-mail: lkang@ioz.ac.cn

■责任编辑：岳凌生